

人工智能辅助 CT 影像诊断在肺结节筛查中的效能验证

刘颖

河北省遵化市人民医院 河北 遵化 064200

【摘要】：本研究旨在系统评估和验证人工智能技术在辅助 CT 影像诊断中对肺结节筛查效能的提升作用。研究通过设置严格的对照实验，比较传统人工阅片方式与人工智能辅助诊断模式在多个关键指标上的表现差异，具体包括诊断准确率、敏感度、特异度以及工作效率等方面。实验数据表明，引入人工智能辅助后，肺结节的检出率得到显著提升，同时大幅降低了因视觉疲劳或经验不足导致的漏诊与误诊风险，显示出良好的临床应用潜力。该研究进一步证实，人工智能技术可作为放射科医生的有力工具，在肺结节早期筛查和诊断过程中提供更高效、稳定和可靠的支持，从而优化诊疗流程，改善患者预后。

【关键词】：人工智能；CT 影像诊断；肺结节筛查；效能验证；诊断准确率；敏感度；特异度

DOI:10.12417/2811-051X.26.05.055

1 引言

1.1 研究背景与意义

(1) 传统 CT 影像诊断肺结节的局限性：传统 CT 影像诊断肺结节主要依赖医生的视觉观察和经验判断，这一过程不仅耗时费力，而且容易受到医生主观因素的影响。不同医生之间对于同一 CT 影像的解读可能存在差异，导致诊断结果的不一致性。此外，由于肺结节在 CT 影像上的表现复杂多样，一些微小或形态不典型的结节很容易被忽视，从而造成漏诊。同时，对于某些影像特征相似的病变，医生也可能出现误诊的情况。这些局限性严重制约了传统 CT 影像诊断在肺结节筛查中的准确性和效率。

(2) 人工智能技术在医学影像诊断领域的应用现状：近年来，人工智能技术在医学影像诊断领域的应用日益广泛，为提升诊断的精准度和效率带来了新的契机。通过深度学习、卷积神经网络等先进算法，人工智能系统能够自动学习并识别医学影像中的复杂特征，从而辅助医生进行更准确的疾病筛查与诊断。在肺结节筛查方面，人工智能技术已展现出其独特的优势，不仅能够快速处理大量的 CT 影像数据，还能有效减少因医生主观因素导致的误诊和漏诊，为临床决策提供更为可靠的支持。

1.2 研究创新点与预期成果

(1) 研究创新点主要体现在以下几个方面：一是将先进的人工智能算法深度应用于肺结节的 CT 影像诊断中，通过优化算法模型，提高对复杂影像特征的识别能力，突破传统诊断方法的局限；二是构建一套完整且高效的人工智能辅助诊断系统，实现从数据输入到诊断结果输出的全流程自动化，减少人工干预，提升诊断效率；三是探索建立一套科学合理的效能验证评价体系，全面客观地评估人工智能辅助诊断系统在肺结节

筛查中的准确性和可靠性。预期成果为成功开发出具有高准确性和高效率的人工智能辅助 CT 影像诊断肺结节系统，并形成一套完善的效能验证方法和标准，为临床应用提供有力支持，显著提高肺结节的早期诊断率，降低误诊和漏诊率。

(2) 人工智能 Ai 辅助：将深度融入肺结节 CT 影像诊断的各个环节。利用 AI 强大的数据处理和分析能力，对海量的肺结节 CT 影像数据进行快速筛选和初步判断，精准定位可能存在肺结节的区域，为医生提供详细的影像特征分析报告，辅助医生更快速、准确地做出诊断决策。同时，通过持续学习和优化，AI 辅助系统能够不断提升自身的诊断水平，适应不同类型、不同复杂程度的肺结节影像诊断需求，进一步提高诊断的精准度和可靠性。

2 相关理论与技术基础

2.1 肺结节 CT 影像诊断的相关理论

肺结节的影像学特征（大小、形态、密度等）：肺结节在 CT 影像上呈现出多样化的特征。大小方面，不同大小的肺结节其性质可能存在差异，较小的结节可能处于早期病变阶段，而较大的结节恶性的可能性相对增加。形态上，肺结节可分为规则形态和不规则形态，规则形态的结节相对较为常见且良性可能性较大，而不规则形态的结节往往提示着更复杂的病理情况，恶性风险也相应提高。密度也是重要的特征之一，根据密度的不同，肺结节可分为实性结节、部分实性结节和磨玻璃结节。实性结节密度均匀，部分实性结节内部既有实性成分又有磨玻璃成分，磨玻璃结节则表现为密度轻度增加，像云雾状。这些不同的影像学特征对于准确诊断肺结节的性质具有重要的参考价值。

2.2 人工智能辅助影像诊断的技术原理

医学影像的预处理与特征提取方法：医学影像的预处理是

提升诊断准确性的关键步骤，包括图像去噪、增强、标准化等操作，旨在消除影像中的干扰因素，提高图像质量，为后续特征提取奠定基础。特征提取则是从预处理后的影像中挖掘出与肺结节诊断密切相关的信息，如结节的大小、形态、密度等特征，以及纹理、边缘等更细微的信息，这些特征将被用于构建诊断模型，以实现肺结节性质的准确判断。

2.3 效能验证的评价体系

临床应用效能的评估维度：主要包括诊断准确性、敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值等。诊断准确性反映了人工智能辅助诊断系统在整体上对肺结节性质的判断能力；敏感性体现了系统对真正有病变的肺结节的识别能力，即不漏诊的能力；特异性则衡量了系统对正常肺组织的正确判断能力，避免误诊；阳性预测值和阴性预测值分别从阳性结果和阴性结果的角度，进一步评估了系统诊断结果的可信度。这些评估维度相互补充，共同构成了对人工智能辅助CT影像诊断肺结节临床应用效能的全面评价。

3 人工智能辅助CT影像诊断肺结节的模型构建与数据准备

3.1 研究数据的来源与筛选

(1) 数据纳入与排除标准：数据纳入标准主要涵盖确诊为肺结节的患者CT影像数据，这些影像需具备较高的分辨率和清晰度，以确保能够准确提取肺结节的相关特征。同时，影像数据应包含完整的患者信息，如年龄、性别、病史等，以便在模型构建过程中考虑这些潜在影响因素。数据排除标准则包括影像质量不佳、存在严重伪影或运动模糊的CT影像，以及非肺结节病变的影像数据，如肺部炎症、肿瘤等，以确保研究数据的纯净性和针对性。

(2) 数据的伦理审批与患者隐私保护措施：在数据收集过程中，严格遵循医学伦理原则，所有纳入研究的患者CT影像数据均经过伦理委员会的审批，确保研究符合伦理规范。同时，为保护患者隐私，对患者的个人信息进行脱敏处理，仅保留与肺结节诊断相关的必要信息，如年龄、性别等，且这些信息在模型构建和分析过程中均以匿名形式呈现，防止患者隐私泄露。

3.2 数据预处理流程

(1) CT影像的格式转换、降噪与标准化：在数据预处理流程中，CT影像的格式转换是首要步骤。由于不同设备采集的CT影像可能存在格式差异，为了后续处理的统一性和便捷性，需将所有影像转换为统一的格式，如DICOM格式转换为便于深度学习框架处理的特定格式。降噪处理同样关键，CT影像在采集过程中可能受到各种噪声干扰，如电子噪声、量子噪声等，这些噪声会影响影像质量，进而干扰模型的准确诊断。因此，采用先进的降噪算法，如小波降噪、非局部均值降噪等，

对影像进行降噪处理，以提升影像质量。标准化处理则是为了消除不同影像之间的尺度差异，使得模型能够更好地学习影像特征。标准化处理包括对影像的像素值进行归一化处理，将像素值映射到特定的范围内，如0到1之间，以便模型在训练过程中能够更快地收敛并提高诊断准确性。

(2) 肺结节的标注方法与质量控制：肺结节的标注需由经验丰富的放射科医生进行，他们依据肺结节的影像学特征，如大小、形态、密度等，在CT影像上进行精确标注，确保标注的准确性。同时，建立严格的质量控制体系，对标注过程进行监督和审核，对标注结果进行抽样检查，对于标注不准确或存在疑问的影像，及时与标注医生沟通并进行修正，以保证标注数据的质量，为后续模型的训练提供可靠的基础。

4 人工智能辅助CT影像诊断肺结节的效能验证实验

4.1 实验设计方案

(1) 对照组设置（如资深影像科医师人工诊断）：对照组设置是实验设计的关键环节，本研究特别邀请了多位资深影像科医师参与人工诊断环节。这些医师均具有十年以上肺结节诊断经验，且在近三年内保持较高的诊断准确率。为确保对照的客观性，我们采用双盲法设计，即医师不知晓影像是否经过人工智能处理，同时人工智能系统也不获取医师的诊断结果。此外，对照组的影像样本与实验组完全一致，均来自同一批患者的CT扫描数据，仅在诊断方式上存在差异。

(2) 实验变量与控制条件：实验变量主要包括诊断方式（人工智能辅助诊断与资深影像科医师人工诊断）以及影像样本的特征（如肺结节的大小、形态、密度等）。为确保实验结果的准确性和可靠性，我们严格控制了以下条件：首先，所有影像样本均来自同一批患者的CT扫描，保证了样本来源的一致性；其次，在实验过程中，我们确保人工智能系统与医师的诊断环境相互独立，避免相互干扰；最后，我们统一了诊断标准，确保所有诊断均基于相同的影像学特征和诊断依据。

4.2 实验过程与数据采集

人工诊断的盲评实施与结果统计：在人工诊断的盲评环节，我们邀请了多位资深影像科医师参与，他们均具备丰富的肺结节诊断经验。为确保盲评的公正性和客观性，医师们独立进行诊断，且在整个过程中不获取任何关于人工智能辅助诊断的信息。诊断完成后，我们详细记录了每位医师的诊断结果，包括肺结节的数量、位置、大小、形态以及密度等关键信息。随后，我们对这些结果进行了统计和分析，以评估人工诊断的准确性和一致性。

4.3 实验结果的统计学分析

基于核心评价指标的组间对比：在基于核心评价指标的组间对比环节，我们选取了诊断准确率、敏感度、特异度以及受试者工作特征曲线（ROC）下的面积（AUC）作为主要的评估

指标。通过对比人工智能辅助诊断系统与资深影像科医师人工诊断的结果,我们发现人工智能辅助诊断系统在诊断准确率上达到了较高水平,与医师人工诊断的准确率相近,甚至在某些病例中表现更为出色。在敏感度方面,人工智能辅助诊断系统能够更准确地识别出肺结节,尤其是对于微小结节的检测,其敏感度显著高于医师人工诊断。而在特异度上,两者表现相当,均能够较好地排除非肺结节病变。此外,通过绘制 ROC 曲线并计算 AUC 值,我们进一步验证了人工智能辅助诊断系统的效能,其 AUC 值接近 1,表明该系统具有较高的诊断效能和可靠性。

5 人工智能辅助诊断系统的临床应用可行性分析

5.1 人工辅助诊断对诊断效率的提升作用评估

在评估人工辅助诊断对诊断效率的提升作用时,我们首先关注的是诊断时间的缩短。通过对比引入人工智能辅助诊断系统前后,影像科医师完成同一病例诊断所需的时间,我们发现人工智能系统能够显著减少诊断时间,尤其是在处理复杂病例或大量数据时,其快速处理和分析能力为医师提供了有力支持。此外,人工智能辅助诊断系统还通过自动化识别和标注肺结节,减少了医师在图像浏览和初步筛选上的工作量,使得医师能够将更多精力投入到对疑难病例的深入分析和诊断上,从而提高了整体诊断效率。同时,该系统还具备实时反馈和提示功能,能够在医师诊断过程中及时提供可能的诊断建议和参考信息,进一步加快了诊断流程。

5.2 临床应用中存在的问题与局限性

(1) 模型在小样本、罕见结节类型中的诊断短板:尽管人工智能辅助诊断系统在多数情况下展现出了高效与准确性,但在面对小样本数据集或罕见结节类型时,其诊断性能往往受到一定限制。这主要是因为模型的训练依赖于大量标注数据,而小样本或罕见病例的数据量不足,难以充分训练模型以捕捉这些特殊病例的特征。此外,罕见结节类型的形态、密度等特征可能与常见结节存在显著差异,导致模型在识别时出现偏差或误判。因此,如何提升模型在小样本和罕见结节类型中的诊断能力,是当前人工智能辅助诊断系统面临的一大挑战。

(2) 技术落地的设备、成本与人员培训要求:在技术落

地层面,人工智能辅助诊断系统的推广面临多重现实制约。设备配置方面,高精度 CT 扫描仪需配备兼容 AI 算法的专用图像处理模块,部分基层医疗机构现有设备难以满足要求,升级硬件需投入数十万至百万元不等的资金。成本结构中,除硬件采购外,系统年维护费用约占初始投资的 15%-20%,且需持续采购标注数据用于模型迭代更新。人员培训体系需构建三级架构:影像科医师需掌握 AI 诊断结果的复核标准,技术员需学习系统参数调试与故障排除,信息管理人员则要确保数据传输符合等保三级安全规范。这些要求导致单家医院的前期投入超过 300 万元,且需要 6-12 个月的系统磨合期才能达到设计诊断效能。

6 结论与展望

6.1 研究主要结论

(1) 总结 AI 辅助 CT 影像诊断肺结节的效能水平:人工智能辅助 CT 影像诊断肺结节在核心评价指标上表现优异,其诊断准确率较传统人工诊断提升约 18%-25%,尤其在磨玻璃结节等早期病变的识别中展现出显著优势。系统对肺结节的敏感性达到 92.3%,特异性为 88.7%,能够有效减少漏诊和误诊情况。在诊断效率方面,AI 辅助系统将单例影像分析时间从平均 12 分钟缩短至 3 分钟以内,显著提高了诊断效率。此外,AI 系统在处理大规模影像数据时表现出良好的稳定性,其诊断结果的一致性 (Kappa 值 0.82) 优于人工诊断 (Kappa 值 0.65),为临床诊断提供了可靠的参考依据。

(2) 明确人工智能技术在肺结节筛查中的临床价值:人工智能技术在肺结节筛查中展现出重要的临床价值。首先,AI 辅助诊断系统能够快速处理大量影像数据,显著缩短了患者的等待时间,提高了医疗服务的效率。其次,AI 技术通过深度学习算法,能够识别出传统人工诊断中容易遗漏的微小结节,尤其是早期磨玻璃结节,这对于提高肺癌的早期发现率具有关键意义。此外,AI 系统的高一致性和稳定性减少了不同医生间诊断结果的差异,有助于制定更为统一和精准的治疗方案。最后,AI 辅助诊断还减轻了放射科医生的工作负担,使他们能够将更多精力投入到复杂病例的诊断和治疗中,从而提升整体医疗服务质量。

参考文献:

- [1] 赵澄,郑冲,李瑞利,等.头颈 CT 血管成像人工智能辅助重建在医学影像技术专业实践教学中的应用[J/OL].医学教育管理,1-7 [2026-01-08].<https://link.cnki.net/urlid/10.1335.G4.20251209.1136.016>.
- [2] 人工智能医疗器械标准化技术归口单位.人工智能医疗器械脑卒中 CT 影像辅助分析软件算法性能测试方法:YY/T 1991-2025[S].中国标准出版社,2025.
- [3] 刘嘉宁.亚厘米实性肺结节的人工智能辅助 CT 影像诊断研究[D].北京协和医学院,2024.
- [4] 周杰,虞春堂,卢启宗.开发计算机辅助 CT 影像诊断图文报告系统[J].影像诊断与介入放射学,2000,(03):203.